

日本特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年12月 1日

出願番号

Application Number:

特願2000-367560

出願人

Applicant(s):

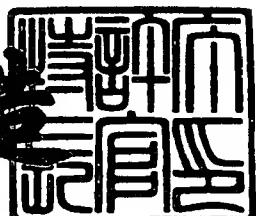
セイコーインスツルメンツ株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 8月10日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3071242

【書類名】 特許願

【整理番号】 00000595

【提出日】 平成12年12月 1日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 6/00

G11B 7/135

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスマ
イアイ・アールディセンター内

【氏名】 笠間 宣行

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスマ
イアイ・アールディセンター内

【氏名】 大海 学

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスマ
イアイ・アールディセンター内

【氏名】 光岡 靖幸

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスマ
イアイ・アールディセンター内

【氏名】 加藤 健二

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスマ
イアイ・アールディセンター内

【氏名】 新輪 隆

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスマ
イアイ・アールディセンター内

【氏名】 前田 英孝

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイ
アイ・アールディセンター内

【氏名】 市原 進

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイ
アイ・アールディセンター内

【氏名】 篠原 陽子

【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメンツ株式会社

【代表者】 服部 純一

【代理人】

【識別番号】 100096286

【弁理士】

【氏名又は名称】 林 敬之助

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003012

【ブルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学的な開口の作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板と、

前記基板に形成された所望の波長を透過する錐状突起部と、

前記錐状突起部の近傍に配置された開口制御部と、

少なくとも前記錐状突起部上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、

前記錐状突起部および前記開口制御部の少なくとも一部を覆うような面を有する押し込み体を、前記錐状突起部に向かう成分を有する力により前記被開口形成体に押し当てることにより前記錐状突起部の先端に光学的な開口を形成することを特徴とする光学的な開口作製方法。

【請求項2】

基板と、

前記基板に形成された所望の波長を透過する複数の錐状突起部と、

前記錐状突起部の近傍に配置された開口制御部と、

少なくとも前記錐状突起部上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、

前記錐状突起部および前記開口制御部の少なくとも一部を覆うような面を有する押し込み体を、前記錐状突起部に向かう成分を有する力により前記被開口形成体に押し当てることにより前記複数の錐状突起部の先端に光学的な開口を一度に形成することを特徴とする光学的な開口作製方法。

【請求項3】

前記錐状突起部の高さと前記開口制御部の高さに差をつけることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の光学的な開口作製方法。

【請求項4】

前記錐状突起部の高さと前記開口制御部の高さの差を前記基板の形状に応じた分布になるように形成することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の光

学的な開口の作製方法。

【請求項5】

前記錐状突起部の高さと前記開口制御部の高さの差を所望の分布になるように形成することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項6】

前記押し込み体の形状が、前記基板の反りと同じ形状であることを特徴とする請求項1または請求項2記載の光学的な開口の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、光学的な開口の作製方法に関するものである。特に近視野光を照射・検出する近視野光デバイスに用いる開口の作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

試料表面においてナノメートルオーダの微小な領域を観察するために走査型トンネル顕微鏡（STM）や原子間力顕微鏡（AFM）に代表される走査型プロープ顕微鏡（SPM）が用いられている。SPMは、先端が先鋭化されたプローブを試料表面に走査させ、プローブと試料表面との間に生じるトンネル電流や原子間力などの相互作用を観察対象として、プローブ先端形状に依存した分解能の像を得ることができるが、比較的、観察する試料に対する制約が厳しい。

【0003】

そこでいま、試料表面に生成される近視野光とプローブとの間に生じる相互作用を観察対象とすることで、試料表面の微小な領域の観察を可能にした近視野光学顕微鏡（SNOM）が注目されている。

【0004】

近視野光学顕微鏡においては、先鋭化された光ファイバーの先端に設けられた開口から近視野光を試料の表面に照射する。開口は、光ファイバーに導入される光の波長の回折限界以下の大きさを有しており、たとえば、100nm程度の直

径である。プローブ先端に形成された開口と試料間の距離は、SPMの技術によつて制御され、その値は開口サイズ以下である。このとき、試料上での近視野光のスポット径は、開口サイズとほぼ同じである。したがつて、試料表面に照射する近視野光を走査することで、微小領域における試料の光学物性の観測を可能としている。

【0005】

顕微鏡としての利用だけでなく、光ファイバープローブを通して試料に向けて比較的強度の大きな光を導入させることにより、光ファイバープローブの開口にエネルギー密度の高い近視野光を生成し、その近視野光によって試料表面の構造または物性を局所的に変更させる高密度な光メモリ記録としての応用も可能である。強度の大きな近視野光を得るために、プローブ先端の先端角を大きくすることが試みられている。

【0006】

これら近視野光を利用したデバイスにおいて、開口の形成が最も重要である。開口の作製方法の一つとして、特許公報平5-21201に開示されている方法が知られている。特許公報平5-21201の開口作製方法は、開口を形成するための試料として、先鋭化した光波ガイドに遮光膜を堆積したものを用いている。開口の作製方法は、遮光膜付きの先鋭化した光波ガイドを圧電アクチュエータによって良好に制御された非常に小さな押しつけ量で硬い平板に押しつけることによって、先端の遮光膜を塑性変形させている。

【0007】

また、開口の形成方法として、特開平11-265520に開示されている方法がある。特開平11-265520の開口の作製方法において、開口を形成する対象は、平板上に集束イオンビーム（FIB）によって形成された突起先端である。開口の形成方法は、突起先端の遮光膜に、側面からFIBを照射し、突起先端の遮光膜を除去することによって行っている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特許公報平5-21201の方法によれば、光波ガイド一本ず

つしか開口を形成する事ができない。また、特許公報平5-21201の方法によれば、移動分解能が数nmの圧電アクチュエータによって押し込み量を制御する必要があるため、開口形成装置をその他の装置や空気などの振動による影響が少ないと環境におかなくてはならない。また、光伝搬体ロッドが平板に対して垂直に当たるように調整する時間がかかる。また、移動量の小さな圧電アクチュエータの他に、移動量の大きな機械的並進台が必要となる。さらに、移動分解能が小さな圧電アクチュエータをもちいて、押し込み量を制御するさいに、制御装置が必要であり、かつ、制御して開口を形成するためには数分の時間がかかる。したがって、開口作製のために、高電圧電源やフィードバック回路などの大がかりな装置が必要となる。また、開口形成にかかるコストが高くなる問題があった。

【0009】

また、特開平11-265520の方法によれば、加工対象は平板上の突起であるが、FIBを用いて開口を形成しているため、一つの開口の形成にかかる時間が10分程度と長い。また、FIBを用いるために、試料を真空中におかなければならぬ。従って、開口作製にかかる作製コストが高くなる問題があった。

【0010】

【課題を解決するための手段】

そこで、上記課題を解決するために本発明に係る第1の光学的な開口の作製方法は、基板と、前記基板に形成された所望の波長を透過する錐状突起部と、前記基板に形成された前記錐状突起部の近傍に配置された開口制御部と、少なくとも前記錐状突起部上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、前記錐状突起部および前記開口制御部の少なくとも1部を覆うような面を有する押し込み体を、前記錐状突起部に向かう成分を有する力により前記被開口形成体に押し当てるにより前記錐状突起部の先端に光学的な開口を形成することを特徴とする。

【0011】

この発明によれば、錐状突起部近傍に開口制御部を設けることによって押し込み体である板の変位量を小さくすることができるため、分解能の高いアクチュエ

ータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口を錐状突起部先端に形成する事が容易である。また、錐状突起部と開口制御部の高さが常に同じに制御されているので、開口の作製歩留まりが向上した。さらに、単純に力Fを加えるだけで開口が形成されるため、開口作製にかかる時間は数秒から数10秒と非常に短くできる。また、本発明によれば、加工雰囲気を問わない。従って、大気中で加工する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。

【0012】

また、本発明に係る第2の光学的な開口の作製方法は、基板と、前記基板に形成された所望の波長を透過する複数の錐状突起部と、前記基板に形成された前記錐状突起部の近傍に配置された開口制御部と、少なくとも前記錐状突起部上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、前記錐状突起部および前記開口制御部の少なくとも1部を覆うような面を有する押し込み体を、前記錐状突起部に向かう成分を有する力により前記被開口形成体に押し当てるにより前記複数の錐状突起部の先端に光学的な開口を一度に形成することを特徴とする。

【0013】

この発明によれば、本発明に係る第1の光学的な開口の作製方法の効果に加え、ワークが複数個作製されたウエハに対して、一括で力を加えることによって、開口サイズのそろった開口を一度に複数個作製する事が可能であり、開口1個あたりの加工時間を短くでき、低コスト化をはかることができ。さらに、開口の個数に対して開口制御部の個数を減らすことができ、1枚のウエハから取れる微小開口を有する素子の数を大幅に増やすことができるので、更なる低コスト化がはかる。

【0014】

また、本発明に係る第3の光学的な開口の作製方法は、本発明に係る第1あるいは第2の光学的な開口の作製方法において、前記錐状突起部の高さと前記開口制御部の高さに差をつけることを特徴とする。

【0015】

この発明によれば、本発明に係る第1あるいは第2の光学的な開口の作製方法の効果に加え、錐状突起部の高さと開口制御部の高さを良好に制御することで錐状突起部先端に作製する微小開口サイズを簡単に、そして良好に制御することができる。

【0016】

また、本発明に係る第4の光学的な開口の作製方法は、本発明に係る第1あるいは第2の光学的な開口の作製方法において、前記錐状突起部の高さと前記開口制御部の高さの差を前記基板の形状に応じた分布になるように形成することを特徴とする。

【0017】

この発明によれば、本発明に係る第1あるいは第2の光学的な開口の作製方法の効果に加え、基板の形状に応じ錐状突起部の高さを制御することにより、より等の変形した基板に作製されている複数の錐状突起部上部の遮光膜が受ける塑性変形量を一定にすることができ、錐状突起部の先端に作製される開口サイズをすべて一定にすることができるので、1枚のウエハからとれる開口の歩留まりが向上する。

【0018】

また、本発明に係る第5の光学的な開口の作製方法は、本発明に係る第1あるいは第2の光学的な開口の作製方法において、前記錐状突起部の高さと前記開口制御部の高さの差を所望の分布になるように形成することを特徴とする。

【0019】

この発明によれば、本発明に係る第1あるいは第2の光学的な開口の作製方法の効果に加え、錐状突起部の高さを適切に制御することにより、一枚のウエハ上に数種類の大きさの開口を安定的に作製することができ、色々なサイズの開口を作製する際に、ウエハの枚数を減らすことができ、安価に数種類の開口サイズを作成することができる。

【0020】

また、本発明に係る第6の光学的な開口の作製方法は、本発明に係る第1ある

いは第2の光学的な開口の作製方法において、前記押し込み体の形状が、前記基板の反り量をもった形状であることを特徴とする。

【0021】

この発明によれば、本発明に係る第1あるいは第2の光学的な開口の作製方法の効果に加え、基板の反り形状に応じ、押し込み体である板あるいは押し込み用具の形状を調整することにより、反り等の変形した基板に作製されている複数の錐状突起部上部の遮光膜が受ける塑性変形量を一定にすることができ、錐状突起部の先端に作製される開口サイズをすべて一定にすることができる。よって、1枚のウエハからとれる開口の歩留まりが飛躍的に向上する。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の開口の形成方法について、添付の図面を参照して詳細に説明する。

（実施の形態1）

図1から図3は、本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。図1に示すワーク1000は、基板4上に形成された透明層5、透明層5の上に形成された錐状突起部1および尾根状の開口制御部2、錐状突起部1、開口制御部2および透明層5の上に形成された遮光膜3からなる。なお、ワーク1000において、透明層5は、必ずしも必要ではなく、その場合、遮光膜3は、錐状突起部1、開口制御部2および基板4上に形成される。また、遮光膜3は、錐状突起部1にだけ堆積されていてもよい。

【0023】

錐状突起部1の高さH1は、数mm以下であり、開口制御部2の高さH2は、数mm以下である。高さH1と高さH2は同じである。錐状突起部1と開口制御部2の間隔は、数mm以下である。また、遮光膜3の厚さは、遮光膜3の材質によって異なるが、数10nmから数100nmである。

【0024】

錐状突起部1、開口制御部2および透明層5は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジンクセレンやシリコンなど

の赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において透過率の高い材料を用いる。また、錐状突起部1の材料は、開口を通過する光の波長帯において少しでも錐状突起部1を透過する材料であれば用いることができる。また、錐状突起部1、開口制御部2および透明層5は、同一の材料で構成されても良いし、別々の材料で構成されても良い。遮光膜3は、たとえば、アルミニウム、クロム、金、白金、銀、銅、チタン、タンゲステン、ニッケル、コバルトなどの金属や、それらの合金を用いる。

【0025】

図2は、開口を形成する方法において、錐状突起部1上の遮光膜3を塑性変形させている状態を示した図である。遮光膜3を塑性変形させるための押し込み体として板6及び押し込み用具7を用いた。図1で示したワーク1000の上に、錐状突起部1および少なくとも開口制御部2の一部を覆い、かつ、少なくとも錐状突起部1および開口制御部2側が平面である板6を載せ、さらに板6の上には、押し込み用具7を載せる。押し込み用具7に錐状突起部1の中心軸方向に力Fを加えることによって、板6が錐状突起部1に向かって移動する。錐状突起部1と板6との接触面積に比べて、開口制御部2と板6との接触面積は、数100～数万倍も大きい。したがって、与えられた力Fは、開口制御部2によって分散され、結果として板6の変位量は小さくなる。板6の変位量が小さいため、遮光膜3が受ける塑性変形量は非常に小さい。また、錐状突起部1および開口制御部2は、非常に小さな弾性変形を受けるのみである。力Fの加え方は、所定の重さのおもりを所定の距離だけ持ち上げて、自由落下させる方法や、所定のバネ定数のバネを押し込み用具7に取り付け、所定の距離だけバネを押し込む方法などがある。板6が、遮光膜よりも堅く、錐状突起部1および開口制御部2よりも柔らかい材料である場合、錐状突起部1および開口制御部2が受ける力は、板6によって吸収されるため、板6の変位量がより小さくなり、遮光膜3の塑性変形量を小さくすることが容易となる。

【0026】

図3は、力Fをえた後に、押し込み体である板6および押し込み用具7を取り除いた状態を示した図である。遮光膜3の塑性変形量が非常に小さく、錐状突

起部1および開口制御部2が弾性変形領域でのみ変位しているため、錐状突起部1の先端に開口8が形成される。開口8の大きさは、数nmから錐状突起部1を通過する光の波長の回折限界程度の大きさである。なお、上記では、押し込み用具7とワーク1000の間に板6が挿入されていたが、板6を除去して直接押し込み用具7で押し込むことによっても同様に開口8を形成できることは、いうまでもない。

【0027】

開口8に光を導入するために、基板4を錐状突起部1の形成面と反対側からエッチングすることによって透明体5または錐状突起部1の少なくとも一部を露出させて、開口8への光の導入口を形成する。また、基板4を透明材料103で構成することによって、光の導入口を形成する工程を省くことができるのと言うまでもない。

【0028】

以上説明したように、本発明の開口作製方法によれば、開口制御部2によって押し込み体である板6の変位量を良好に制御することができ、かつ、板6の変位量を非常に小さくできるため、大きさが均一で小さな開口8を錐状突起部1先端に容易に作製することができる。また、基板側から光を照射して、開口8から近視野光を発生させることができる。

【0029】

次に、ワーク1000の製造方法を図4から図5を用いて説明する。図4は、基板材料104上に透明材料103を形成したのち、錐状突起部用マスク101および開口制御部用マスク102を形成した状態を示している。図4(a)は上面図を示しており、図4(b)は、図4(a)のA-A'で示す位置における断面図を示している。透明材料103は、気相化学堆積法(CVD)やスピンドルによって基板材料104上に形成する。また、透明材料103は、固相接合や接着などの方法によっても基板材料104上に形成することができる。次に、透明材料103上にフォトリソグラフィ工程によって、錐状突起部用マスク101及び開口制御部用マスク102を形成する。錐状突起部用マスク101と開口制御部用マスク102は、同時に形成しても良いし、別々に形成しても良い。

【0030】

錘状突起部用マスク101および開口制御部用マスク102は、透明材料103の材質と次工程で用いるエッチャントによるが、フォトレジストや塗化膜などを用いる。透明材料103は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジンクセレンやシリコンなどの赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において透過率の高い材料を用いる。

【0031】

錘状突起部用マスク101の直径は、たとえば数mm以下である。開口制御部用マスク102の幅W1は、たとえば、錘状突起部用マスク101の直径と同じかそれよりも数10nm～数μmだけ小さい。また、開口制御部用マスク102の幅W1は、錘状突起部用マスク101の直径よりも数10nm～数μmだけ大きてもよい。また、開口制御部用マスク102の長さは、数10μm以上である。

【0032】

図5は、錘状突起部1および開口制御部2を形成した状態を示している。図5(a)は上面図であり、図5(b)は、図5(a)のA-A'で示す位置の断面図である。錘状突起部用マスク101および開口制御部用マスク102を形成した後、ウエットエッチングによる等方性エッチングによって錘状突起部1および開口制御部2を形成する。透明材料103の厚さと錘状突起部1および開口制御部2の高さの関係を調整することによって、図1に示す透明層5が形成されたり、形成されなかったりする。錘状突起部1の先端半径は、数nmから数100nmである。この後、遮光膜をスパッタや真空蒸着などの方法で堆積する事によって、図1に示すワーク1000を形成する事ができる。また、遮光膜3を錘状突起部1にだけ堆積する場合、遮光膜3の堆積工程において、錘状突起部1上に遮光膜が堆積するような形状を有するメタルマスクを乗せてスパッタや真空蒸着などを行う。また、ワーク1000の錘状突起部が形成された面の全面に遮光膜3を堆積した後、錘状突起部1にだけ遮光膜3が残るようなフォトリソグラフィ工程を用いても、錘状突起部1上にだけ遮光膜3を形成する事ができるることは言う

までもない。

以上説明したように、本発明の実施の形態1によれば、錐状突起部1近傍に開口制御部2を設けることによって押し込み体である板6の変位量を小さくすることができるため、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口8を錐状突起部1先端に形成する事が容易である。我々の実験では、手に持ったハンマーなどで、押し込み用具7を叩くだけで直径100nm以下の開口8を形成する事ができた。また、錐状突起部1と開口制御部2の高さが常に同じに制御されているので、開口8の作製歩留まりが向上した。また、本発明の実施の形態1で説明したワーク1000は、フォトリソグラフィ工程によって作製可能なため、ウエハなどの大きな面積を有する試料に、複数個作製することが可能であり、力Fを一定にすることによって複数個作製されたワーク1000それぞれに対して均一な開口サイズの開口8を形成する事ができる。また、力Fの大きさを変えることが非常に簡単なため、複数個作製されたワーク1000に対して個別に開口サイズの異なる開口8を形成する事が可能である。また、単純に力Fを加えるだけで開口8が形成されるため、開口作製にかかる時間は数秒から数10秒と非常に短い。また、本発明の実施の形態1によれば、加工雰囲気を問わない。従って、大気中で加工する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。

【0033】

また、ワーク1000が複数個作製された試料に対して、一括で力Fを加えることによって、開口サイズのそろった開口8を一度に複数個作製する事も可能である。一括で加工する場合、ウエハ一枚あたりのワーク1000の数にもよるが、開口1個あたりの加工時間は、数100ミリ秒以下と非常に短くなる。

(実施の形態2)

図6、図7は、本発明の実施の形態2に係る開口の形成方法について説明した図である。本実施の形態は、実施の形態1において、錐状突起部の高さと開口制

御部の高さに差がある場合の実施の形態である。よって、実施の形態1と同じ部分については説明を一部省略あるいは簡単にする。

【0034】

実施の形態1と同様に、図6において基板4上に形成された透明層5、透明層5の上に形成された錐状突起部61および尾根状の開口制御部2、錐状突起部61、開口制御部2および透明層5の上に形成された遮光膜3からなる。なお、透明層5は、必ずしも必要ではなく、その場合、遮光膜3は、錐状突起部61、開口制御部2および基板4上に形成される。また、遮光膜3は、錐状突起部61にだけ堆積されていてもよい。

【0035】

錐状突起部61の高さH16は、数mm以下であり、開口制御部2の高さH26は、数mm以下である。高さH16と高さH26の差は、1000nm以下である。図6の場合、錐状突起部61の高さの方が開口制御部2の高さよりも低く、 $H_{16} < H_{26}$ である。

【0036】

錐状突起部61、開口制御部2および透明層5は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジンクセレンやシリコンなどの赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において透過率の高い材料を用いる。また、錐状突起部61の材料は、開口を通過する光の波長帯において少しでも錐状突起部61を透過する材料であれば用いることができる。また、錐状突起部61、開口制御部2および透明層5は、同一の材料で構成されても良いし、別々の材料で構成されても良い。遮光膜3は、たとえば、アルミニウム、クロム、金、白金、銀、銅、チタン、タンゲステン、ニッケル、コバルトなどの金属や、それらの合金を用いる。

【0037】

このようなワーク2000に開口を作製する方法は、実施の形態1で説明した方法と全く同じであるので説明を省略する。ただし、錐状突起部61の高さの方が開口制御部2の高さよりも低いため、錐状突起部61上部の遮光膜3が受ける

塑性変形量は、開口制御部2上部の遮光膜3が受ける塑性変形量よりも小さくなる。よって、錘状突起部61の先端に開口が形成され、その開口サイズは実施の形態1で説明した錘状突起部と開口制御部の高さが同じものに比べて小さくなる。

【0038】

また、図7は、図6の実施の形態とは逆に錘状突起部が開口制御部よりも高い場合の実施の形態である。他の部分は図6の実施の形態と全く同じであるので説明を省略する。

【0039】

錘状突起部71の高さH17の方が開口制御部2の高さH27よりも高いため、開口を作製する際、錘状突起部71上部の遮光膜3が受ける塑性変形量は、開口制御部2上部の遮光膜3が受ける塑性変形量よりも大きくなる。よって、錘状突起部71の先端に開口が形成され、その開口サイズは実施の形態1で説明した錘状突起部と開口制御部の高さが同じものに比べて大きくなる。

【0040】

以上説明したように、錘状突起部の高さと開口制御部の高さの差を制御することで、錘状突起部の先端に作製される開口サイズを容易に制御することができる。

【0041】

また、ワーク2000、3000を一枚のウエハ上に複数個作製した時には、そのウエハが反ってしまう場合がある。そのような場合にも、その反り量に対応する錘状突起部の高さと開口制御部の高さの差をつけておくことで、各々のワークの錘状突起部上部の遮光膜が受ける塑性変形量を一定にし、錘状突起部の先端に作製される開口サイズを一定にすることができる。

【0042】

図8および図9は、上記で説明したワークの作製方法における錘状突起部と開口制御部の高さの関係を説明する図である。なお、以下では、図6の実施の形態のような錘状突起部の方が開口制御部の高さより低い場合について説明する。

【0043】

図8は、図6において遮光膜をつける前の状態でから錐状突起部61と開口制御部2だけを示した図である。図9は、図8中B-B'で示す位置の錐状突起部1と、図8中C-C'で示す位置の開口制御部2の断面図である。

図9(a)は、錐状突起部61がちょうど形成された状態を示した図である。この状態は実施の形態1における図5のワーク1000の製造方法を説明した図の状態である。

開口制御部用マスク102の幅は、錐状突起部用マスクの直径よりも大きいくることで、図9(a)の状態では、開口制御部2の上面には、平らな部分が残り、この平らな部分上に開口制御部用マスク102が残っている。しかしながら、錐状突起部用マスクは、錐状突起部61との接触面積が非常に小さくなるため、はずれてしまう。図9(a)の状態では、錐状突起部61の高さH11と開口制御部2の高さH21は、同じである。

図9(b)は、図9(a)の状態からさらにエッチングを進め、開口制御部2上面の平らな部分がちょうどなくなった状態を示している。図9(a)の状態からさらにエッチングを行うと、錐状突起部用マスクが無い錐状突起部61の高さH12は、徐々に低くなっていく。一方、開口制御部用マスクが残っている開口制御部2の高さH22は、H21と同じままである。開口制御部2の上面の平らな部分の幅は、徐々に狭くなり、断面形状は図9(b)に示すように、三角形になる。このときの錐状突起部61と開口制御部2の高さの差△Hは、錐状突起部用マスクの直径と開口制御部用マスク102の幅の差、および、錐状突起部61と開口制御部2の先端角によって異なるが、およそ1000nm以下程度である。

【0044】

図9(c)は、図9(b)の状態からさらにエッチングを進めた状態を示している。錐状突起部61の高さH13は、高さH11よりも低くなる。同様に、開口制御部H23の高さも、高さH22よりも小さくなる。しかし、高さH13と高さH23の減少量は、同じであるため、錐状突起部61と開口制御部2の高さの差△Hは、変化しない。

【0045】

なお、開口制御部用マスク102の幅が、錐状突起部用マスクよりも小さい場

合は、錘状突起部と開口制御部の高さの関係が逆になり、図7の実施の形態の開口制御部よりも錘状突起部が高い場合のワーク3000の形状となる。

【0046】

また、錘状突起部用マスクの幅と開口制御部用マスクの幅が等しい場合は、錘状突起部と開口制御部の高さが等しくなることは言うまでもない。

【0047】

本発明のワークの作製方法によれば、フォトリソグラフィ工程によって錘状突起部と開口制御部の高さの差を良好に制御することができる。

【0048】

以上説明したように、本発明の実施の形態2によれば、実施の形態1の効果に加え、錘状突起部の高さと開口制御部の高さを良好に制御することができ、錘状突起部の高さと開口制御部の高さの差によって錘状突起部先端に作製する微小開口サイズを良好に制御することができる。

【0049】

さらに、ワーク2000、3000が複数個作製された一枚のウエハに対して、一括で力Fを加えることによって、数種類の所望の開口サイズの開口を一度に複数個作製する事も可能である。一括で加工する場合、ウエハ一枚あたりのワークの数にもよるが、開口1個あたりの加工時間は、数100ミリ秒以下と非常に短くなる。

【0050】

また、ワーク2000、3000を一枚のウエハ上に複数個作製した場合に、そのウエハが反ってしまう場合がある。そのような場合にも、その反りに応じて錘状突起部の高さを適切に制御することにより、錘状突起部の先端に作製される開口サイズを一定にすることができるので、ウエハ一枚あたりから取れる良品の数を多くすることができ、より低コストで微小開口を作製することができる。

(実施の形態3)

図10は、本発明の実施の形態3に係る開口の形成方法について説明した図である。本実施の形態は、実施の形態2において、開口制御部の間に複数の錘状突起部があり、基板が反ってしまっている場合の実施の形態である。よって、実施

の形態1あるいは実施の形態2と同じ部分については説明を一部省略あるいは簡単にする。

【0051】

図10において、基板4は、透明層5、透明層5の上に形成された複数の錐状突起部101および複数の錐状突起部101の外側に開口制御部2、複数の錐状突起部101、開口制御部2および透明層5の上に形成された遮光膜3からなる。なお、透明層5は、必ずしも必要ではなく、その場合、遮光膜3は、複数の錐状突起部101、開口制御部2および基板4上に形成される。また、遮光膜3は、複数の錐状突起部101にだけ堆積されていてもよい。

【0052】

このような構造が作製された基板4は、基板表面と裏面との応力の違いにより図10のように反ってしまう。複数の錐状突起部101の高さを基板4に対して同じ高さにすると、中央付近の錐状突起部101上部の遮光膜3が受ける塑性変形量は、他の錐状突起部101上部の遮光膜が受ける塑性変形量よりも大きくなり、中央付近の錐状突起部101の先端に作製される開口サイズが大きくなってしまう。

【0053】

そこで、本実施の形態においては、基板4の反り量に対応させてそれぞれの錐状突起部の高さを変えた。図10の実施の形態の場合、中央付近の錐状突起部の高さを低くし、開口制御部2に近くなる錐状突起部にしたがって徐々に錐状突起部の高さを高くした。このようなワークの作製方法は錐状突起部用マスクの幅をそれぞれの錐状突起部毎に変えること以外は、実施の形態2と同じであるので説明を省略する。

【0054】

このように錐状突起部の高さを調整することにより、少なくとも複数の錐状突起部101と開口制御部2の一部を覆い、複数の錐状突起部101および開口制御部2に平面である板6を載せ、さらに板6の上より押し込み用具7を載せる。押し込み用具7に錐状突起部101の中心軸方向に力Fを加えることによって、基板4の反り量に対応させて錐状突起部101の高さを変えてあるので、板6が

すべての錐状突起部101上部の遮光膜3を同時に押し込む。錐状突起部101と板6との接触面積に比べて、開口制御部22と板6との接触面積は、数100～数万倍も大きい。したがって、与えられた力Fは、開口制御部2によって分散され、結果として板6の変位量は小さくなる。板6の変位量が小さいため、遮光膜3が受ける塑性変形量は非常に小さい。錐状突起部101および開口制御部2は、非常に小さな弾性変形を受けるのみである。よって、遮光膜3の塑性変形量が非常に小さく、すべての錐状突起部101および開口制御部2が弾性変形領域でのみ変位しているため、すべての錐状突起部101の先端に均一な大きさの開口が形成される。開口サイズは、数nmから錐状突起部101を通過する光の波長の回折限界程度の大きさである。なお、上記では、押し込み用具7とワークの間に板6が挿入されていたが、板6を除去して直接押し込み用具7で押し込むことによっても同様に開口を形成できることは、いうまでもない。

【0055】

開口に光を導入するために、基板4を錐状突起部101の形成面と反対側からエッチングすることによって透明体5または錐状突起部101のそれぞれの少なくとも一部を露出させて、開口への光の導入口を形成する。また、基板4を透明材料で構成することによって、光の導入口を形成する工程を省くことができるのを言うまでもない。

【0056】

図10は、基板4が凸状に反った場合の実施の形態であるが、基板4が凹状に反った場合についても、同様に適応可能である。その際には、中心付近の錐状突起部の高さを高くし、開口制御部に近い錐状突起部の高さを低くすればよい。

【0057】

さらに、基板4がうねっているような場合にも本実施の形態は同様に適応可能であることは言うまでもない。

【0058】

また、すべての錐状突起部の高さを一定にし、板6あるいは押し込み用具7の形状を基板の反りと同じ形状することによっても上記説明したように、すべて開口サイズを同じにすることができる。

【0059】

また、一枚のウエハ上に数種類の開口サイズを作製したい場合には、実施の形態1と同様にして錐状突起部の高さあるいは開口制御部の高さを適切に制御することで適応可能である。

【0060】

以上説明したように、本発明の実施の形態3によれば、基板4の形状に応じ、錐状突起部の高さや、板あるいは押し込み用具の形状を制御することにより、反り等の変形した基板に作製されている複数の錐状突起部上部の遮光膜が受ける塑性変形量を一定にすることができる、錐状突起部の先端に作製される開口サイズをすべて一定にすることができる。よって、1枚のウエハからとれる開口の歩留まりが飛躍的に向上する。

【0061】

さらに、錐状突起部の高さを適切に制御することにより、一枚のウエハ上に数種類の大きさの開口を安定的に作製することができる。

【0062】

よって、実施の形態1や実施の形態2の効果に加え、開口の個数に対して開口制御部の個数を減らすことができ、1枚のウエハから取れる微小開口を有する素子の数を大幅に増やすことができるので、更なる低コスト化がはかれる。

【0063】

また、一括で加工できる開口の個数が増えるので、ウエハ一枚あたりのワークの数にもよるが、開口1個あたりの加工時間は、実施の形態1や実施の形態2の加工時間を数分の一に短くすることができる。

【0064】

【発明の効果】

以上説明したように本発明に係る第1の光学的な開口の作製方法によれば、錐状突起部近傍に開口制御部を設けることによって押し込み体である板の変位量を小さくすることができるため、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口を錐状突起部先端に形成する事が容易である。また、錐状突起部と開口制御部の高さが常に同じに制御されているので、開口の作製歩留

まりが向上した。

【0065】

さらに、単純に力Fを加えるだけで開口が形成されるため、開口作製にかかる時間は数秒から数10秒と非常に短くできる。

【0066】

また、本発明によれば、加工雰囲気を問わない。従って、大気中で加工する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。

【0067】

以上説明したように本発明に係る第2の光学的な開口の作製方法によれば、本発明に係る第1の光学的な開口の作製の効果に加え、ワークが複数個作製されたウエハに対して、一括で力を加えることによって、開口サイズのそろった開口を一度に複数個作製する事が可能であり、開口1個あたりの加工時間を短くでき、低コスト化をはかることができ。

【0068】

さらに、開口の個数に対して開口制御部の個数を減らすことができ、1枚のウエハから取れる微小開口を有する素子の数を大幅に増やすことができるので、更なる低コスト化がはかれる。

【0069】

以上説明したように本発明に係る第3の光学的な開口の作製方法によれば、本発明に係る第1あるいは第2の光学的な開口の作製方法の効果に加え、錐状突起部の高さと開口制御部の高さを良好に制御することで錐状突起部先端に作製する微小開口サイズを簡単に、そして良好に制御することができる。

【0070】

以上説明したように本発明に係る第4の光学的な開口の作製方法によれば、本発明に係る第1あるいは第2の光学的な開口の作製方法の効果に加え、基板の形状に応じ錐状突起部の高さを制御することにより、反り等の変形した基板に作製

されている複数の錐状突起部上部の遮光膜が受ける塑性変形量を一定にすることができる、錐状突起部の先端に作製される開口サイズをすべて一定にすることができるので、1枚のウエハからとれる開口の歩留まりが向上する。

【0071】

以上説明したように本発明に係る第5の光学的な開口の作製方法によれば、本発明に係る第1あるいは第2の光学的な開口の作製方法の効果に加え、錐状突起部の高さを適切に制御することにより、一枚のウエハ上に数種類の大きさの開口を安定的に作製することができ、色々なサイズの開口を作製する際に、ウエハの枚数を減らすことができ、安価に数種類の開口サイズを作成することができる。

【0072】

以上説明したように本発明に係る第6の光学的な開口の作製方法によれば、本発明に係る第1あるいは第2の光学的な開口の作製方法の効果に加え、基板の反り等の形状に応じ、板あるいは押し込み用具の形状を調整することにより、反り等の変形した基板に作製されている複数の錐状突起部上部の遮光膜が受ける塑性変形量を一定にすことができ、錐状突起部の先端に作製される開口サイズをすべて一定にすことができる。よって、1枚のウエハからとれる開口の歩留まりが飛躍的に向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図2】

本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図3】

本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図4】

ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図5】

ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図6】

本発明の実施の形態2に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図7】

本発明の実施の形態2に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図8】

ワーク2000の作製方法における錘状突起部61と開口制御部2の高さの関係を説明する図である。

【図9】

ワーク2000の作製方法における錘状突起部61と開口制御部2の高さの関係を説明する図である。

【図10】

本発明の実施の形態3に係る開口の形成方法について説明した図である。

【符号の説明】

- 1、61、71、101 錘状突起部
 - 2 開口制御部
 - 3 遮光膜
 - 4 基板
 - 5 透明層
 - 6 板
 - 7 押し込み用具
 - 8 開口
- 101 錘状突起部用マスク
 - 102 開口制御部用マスク
 - 103 透明材料
 - 104 基板材料

1000、2000、3000 ワーク

F 力

H1、H11、H12、H13、H16、H17 錘状突起部の高さ

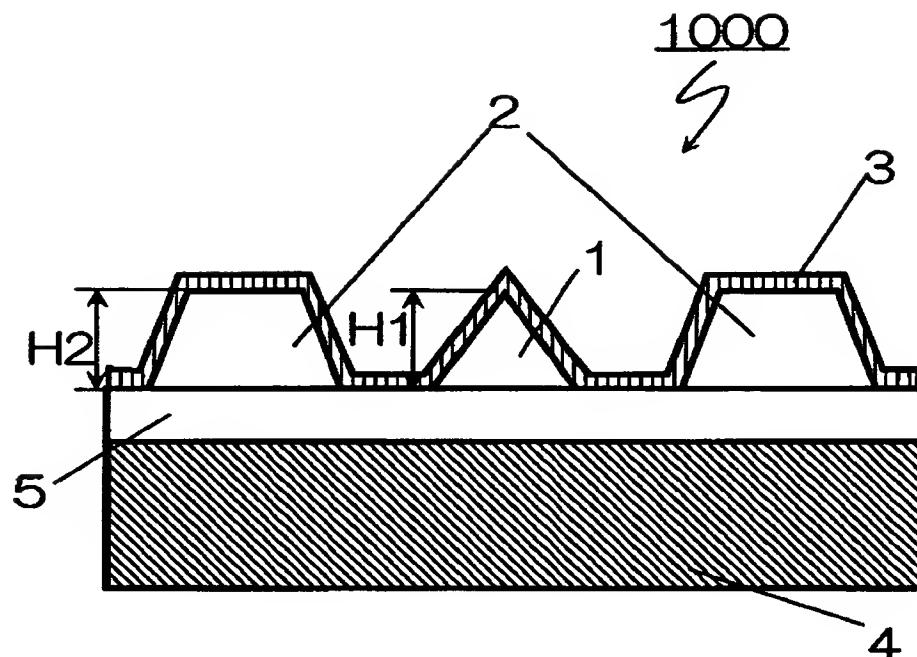
H2、H21、H22、H23、H26、H27 開口制御部の高さ

特2000-367560

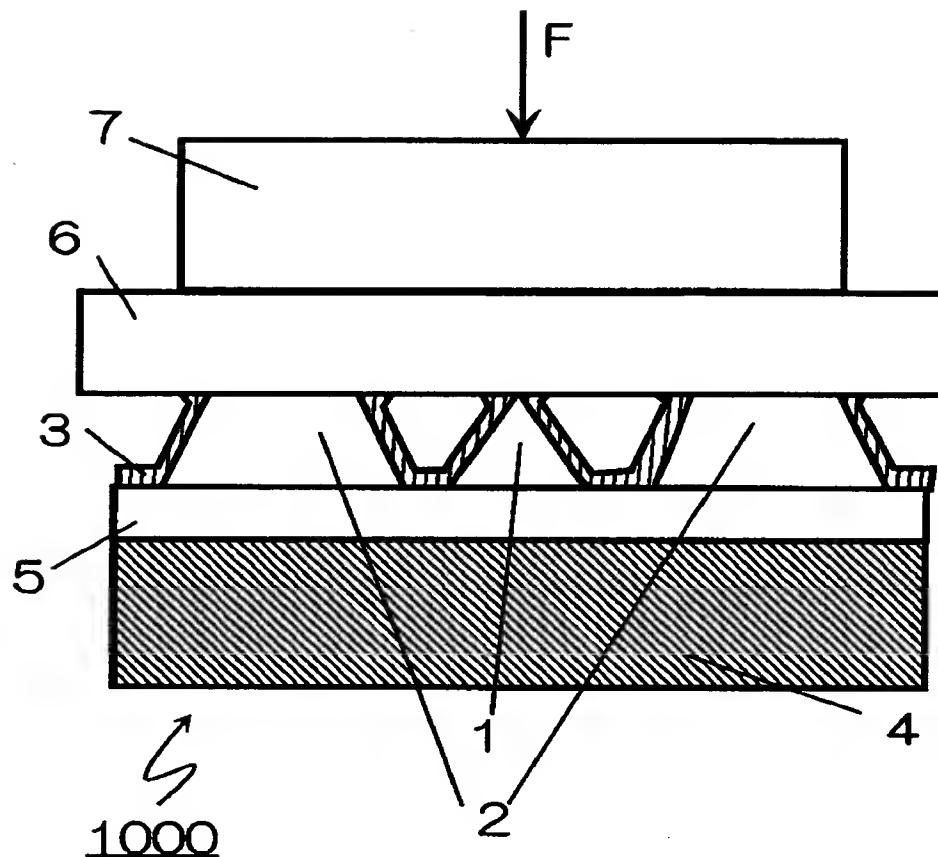
ΔH 錘状突起部と開口制御部の高さの差

【書類名】 図面

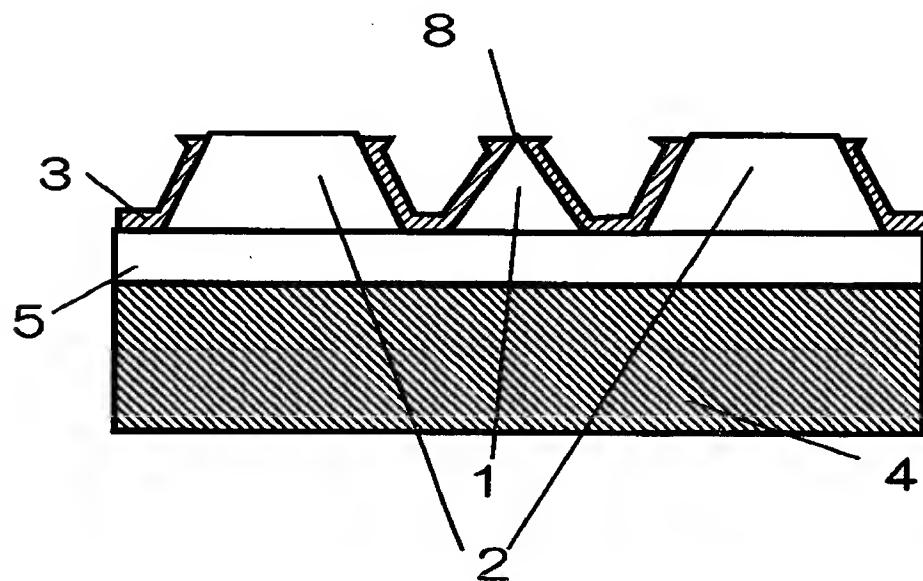
【図1】



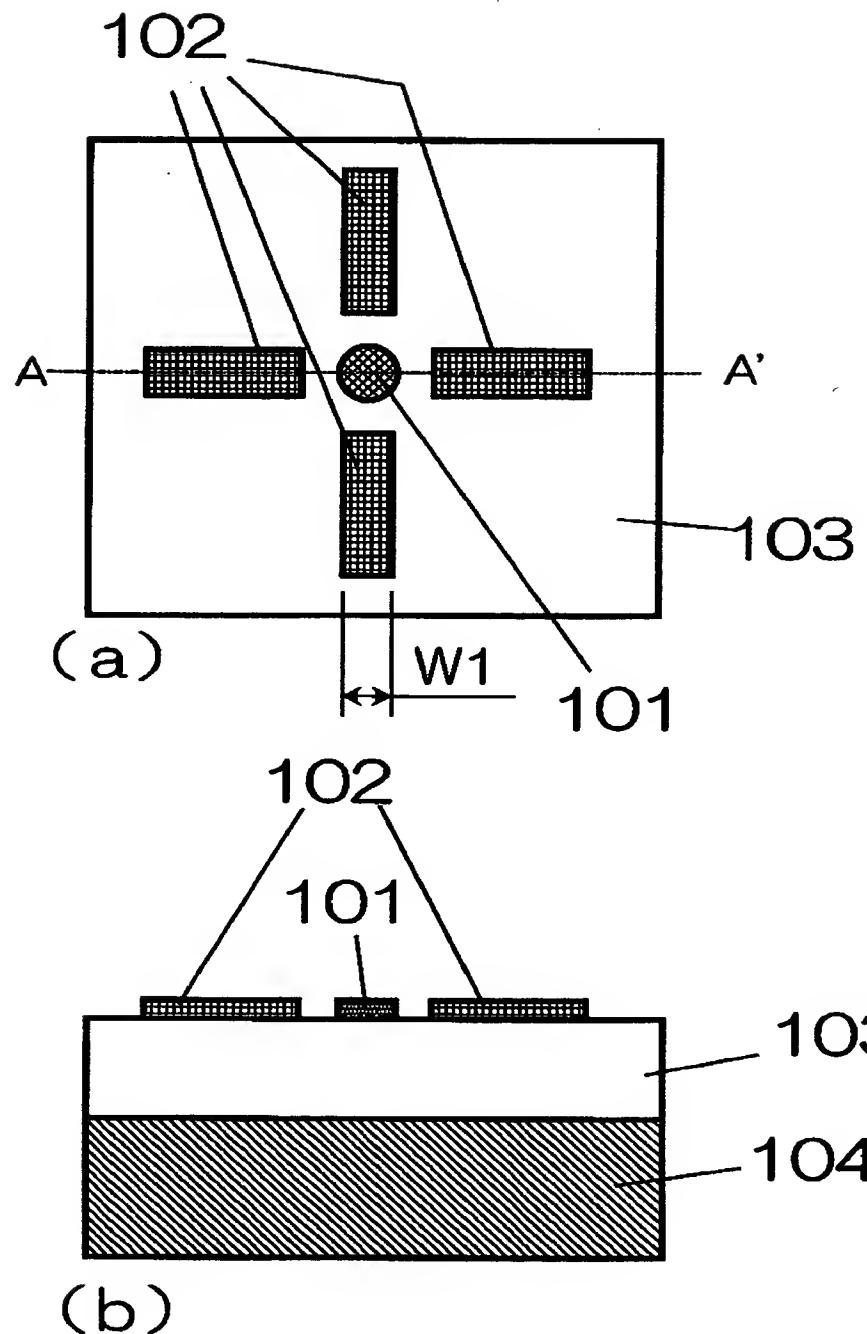
【図2】



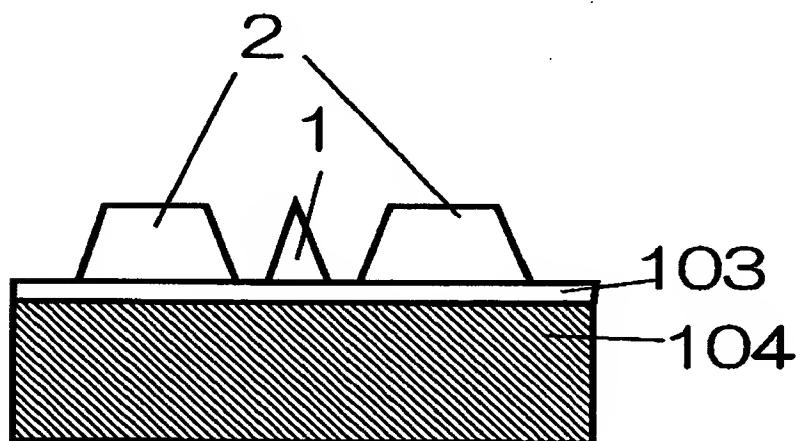
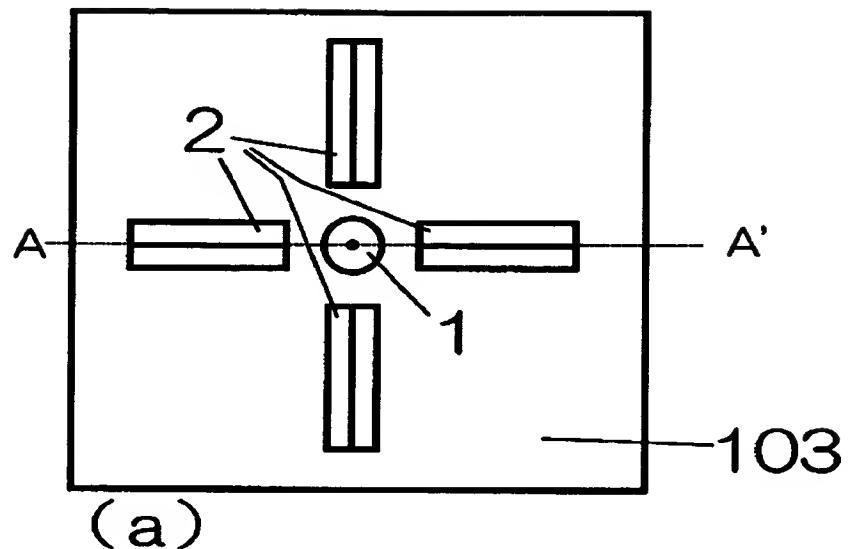
【図3】



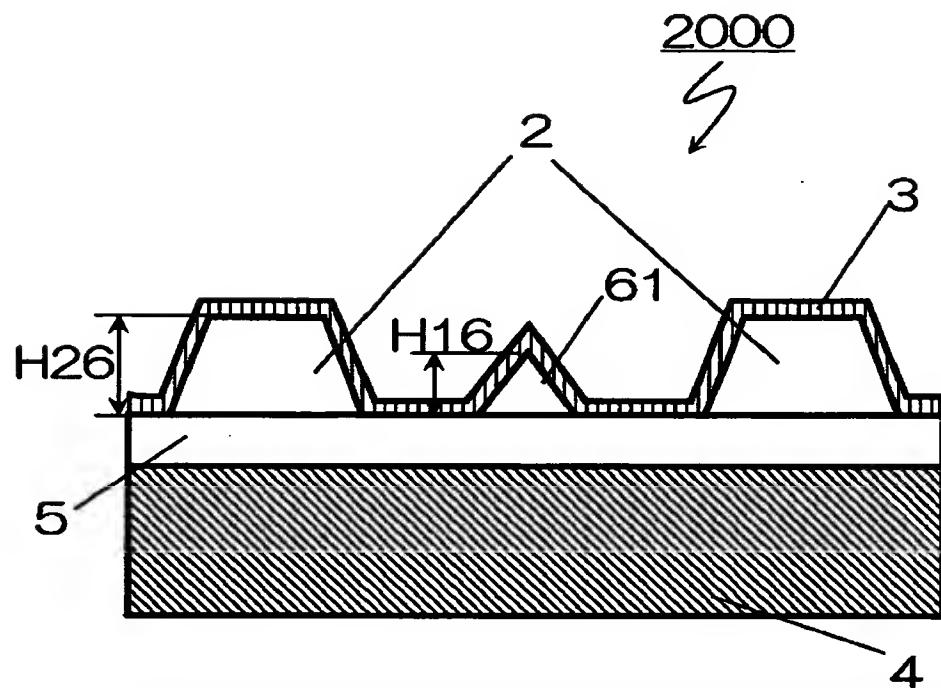
【図4】



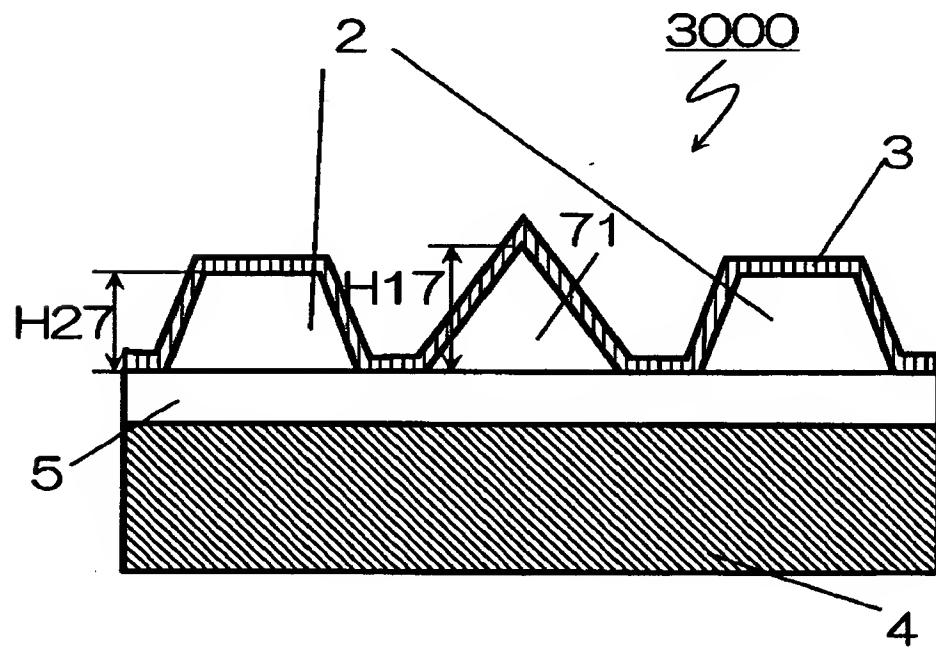
【図5】



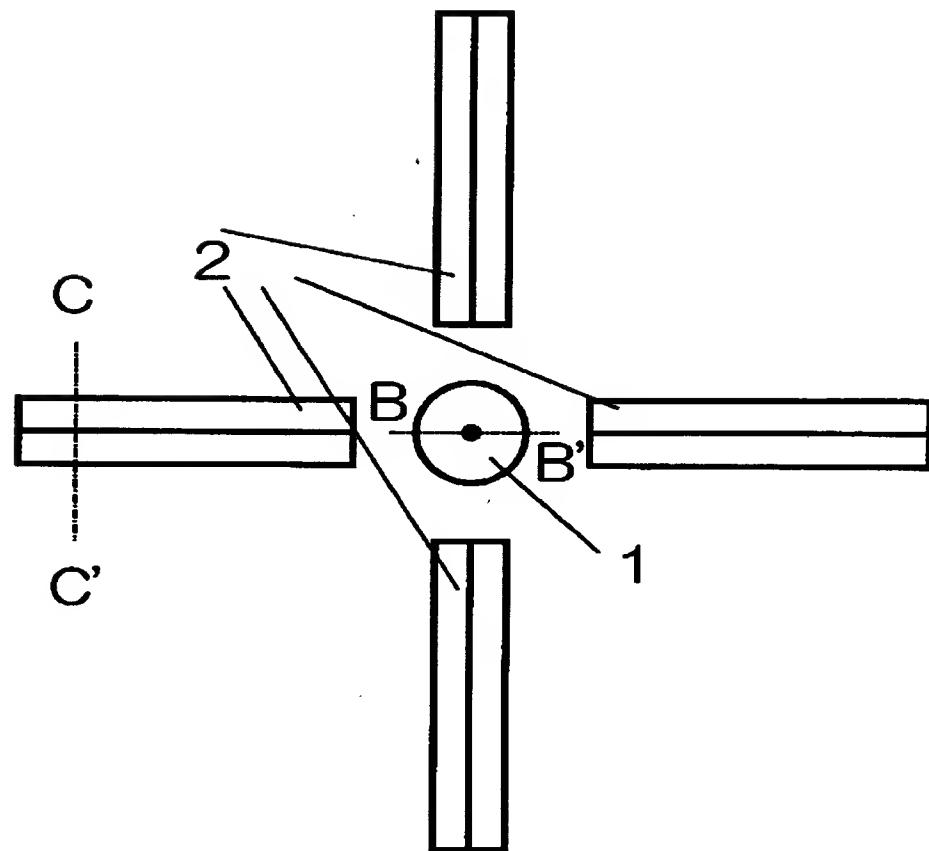
【図6】



【図7】

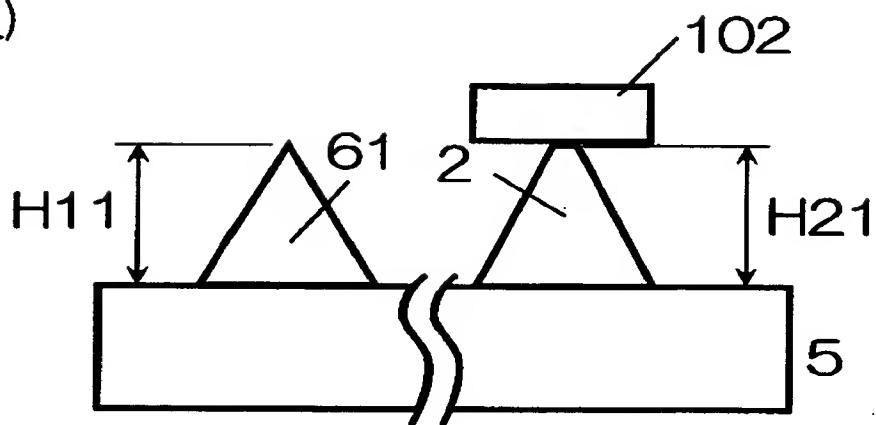


【図8】

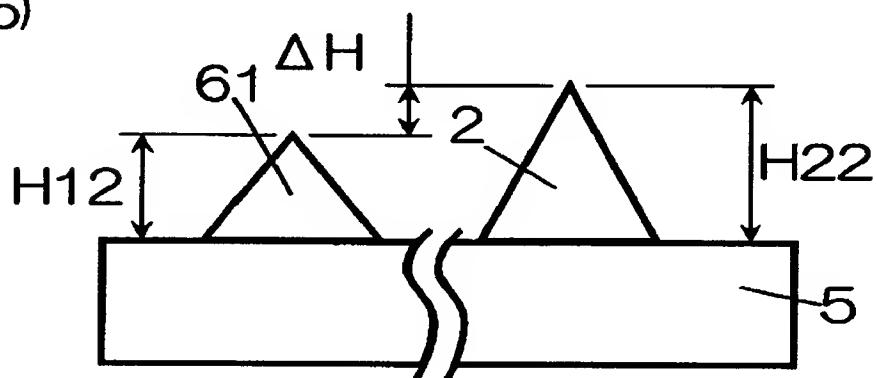


【図9】

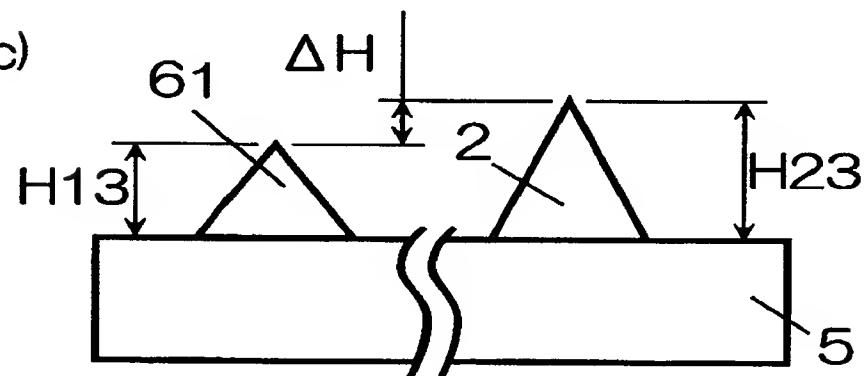
(a)



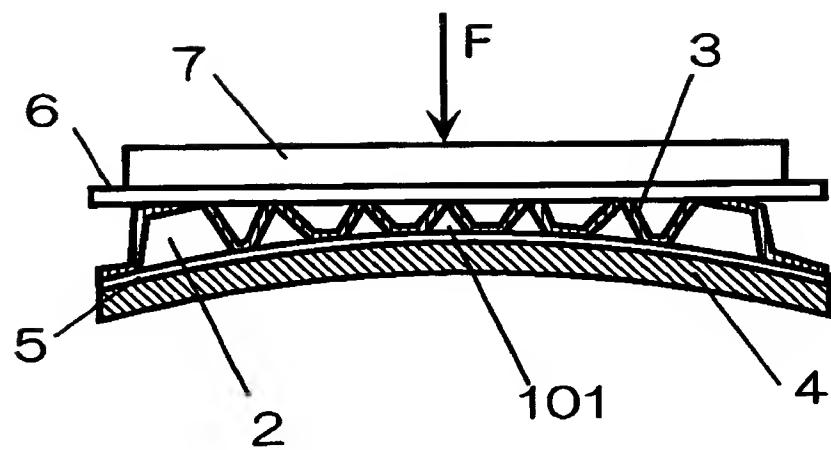
(b)



(c)



【図10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明の課題は、簡便な方法で任意の開口サイズを有する微小開口を形成する方法を提供することである。

【解決手段】 錘状突起部と前記錘状突起部の近傍に配置された開口制御部と、少なくとも前記錘状突起部上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、前記錘状突起部および前記開口制御部の少なくとも1部を覆うような面を有する押し込み体を、前記錘状突起部に向かう成分を有する力によって変位させることによって前記錘状突起部の先端に光学的な開口を形成する。

【選択図】 図2

出願人履歴情報

識別番号 [000002325]

1. 変更年月日 1995年 4月20日

[変更理由] 名称変更

住 所 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
氏 名 セイコーインスツルメンツ株式会社